

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年12月 2日
Date of Application:

出願番号 特願2002-349426
Application Number:

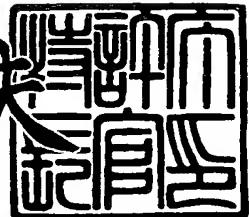
[ST. 10/C] : [JP2002-349426]

出願人 ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー・カンパニー・エルエルシー
Applicant(s):

2003年 8月 25日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 16CT02158
【提出日】 平成14年12月 2日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 A61B 6/03
【発明の名称】 ビームハードニング後処理方法およびX線CT装置
【請求項の数】 16
【発明者】
【住所又は居所】 東京都日野市旭が丘四丁目7番地の127 ジーイー横
河メディカルシステム株式会社内
【氏名】 貫井 正健
【発明者】
【住所又は居所】 東京都日野市旭が丘四丁目7番地の127 ジーイー横
河メディカルシステム株式会社内
【氏名】 谷川 俊一郎
【特許出願人】
【識別番号】 300019238
【氏名又は名称】 ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テク
ノロジー・カンパニー・エルエルシー
【代理人】
【識別番号】 100085187
【弁理士】
【氏名又は名称】 井島 藤治
【選任した代理人】
【識別番号】 100090424
【弁理士】
【氏名又は名称】 鮫島 信重

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009542

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0005611

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ビームハードニング後処理方法およびX線CT装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 撮像領域の撮像中心からずれた位置に配置されるファントムの第1の投影情報を、多方向からの複数ビューで撮影して1つのサイノグラムを取得し、

前記第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、

前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、

前記第2の投影情報を構成する各チャネルで、すべての前記ビューにおける前記第2の投影情報の値を独立変数として、前記第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、

前記第2の関数フィッティングにより求まる補正関数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正すること、
を特徴とするビームハードニング後処理方法。

【請求項2】 撮像領域の撮像中心からずれた位置に配置される複数の異なる大きさを有するファントムの第1の投影情報を、多方向からの複数ビューで撮影して複数のサイノグラムを取得し、

前記第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、

前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、

前記第2の投影情報を構成する各チャネルで、すべての前記ビューおよびすべての前記サイノグラムの前記第2の投影情報の値を独立変数として、前記第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、

前記第2の関数フィッティングにより求まる補正関数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正すること、
を特徴とするビームハードニング後処理方法。

【請求項 3】 撮像領域を透過する X 線ビームの投影情報を、多チャネルからなる X 線検出器を用いて、多方向からの複数ビューで取得し、前記投影情報にビームハードニング効果の補正を行う X 線 CT 装置であって、前記撮像領域の撮像中心からずれた位置に配置されるファントムの第 1 の投影情報を、すべての前記ビューで撮影し、1 つのサイノグラムを取得する取得手段と、

前記第 1 の投影情報に前記ビームハードニング効果の補正を行い第 2 の投影情報を生成するビームハードニング補正手段と、

前記第 2 の投影情報に第 1 の関数フィッティングを行って第 3 の投影情報を生成する第 1 のフィッティング手段と、

前記第 2 の投影情報を構成する各チャネルで、すべての前記ビューの前記第 2 の投影情報の値を独立変数とする前記第 3 の投影情報の値を第 2 の関数フィッティングして補正関数を求める第 2 のフィッティング手段と、

前記補正関数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正する補正手段と、

を備えることを特徴とする X 線 CT 装置。

【請求項 4】 前記ファントムは、円形の断面形状を備えることを特徴とする請求項 3 に記載の X 線 CT 装置。

【請求項 5】 前記断面形状は、前記撮像領域より小さい径を備えることを特徴とする請求項 4 に記載の X 線 CT 装置。

【請求項 6】 前記第 1 の関数フィッティングは、前記第 2 の投影情報のチャネル間で行うことを特徴とする請求項 3 ないし 5 のいずれか 1 つに記載の X 線 CT 装置。

【請求項 7】 前記第 1 の関数フィッティング手段は、複数の前記第 2 の投影情報を含む 1 つのサイノグラムのビュー間で行うことを特徴とする請求項 3 ないし 5 のいずれか 1 つに記載の X 線 CT 装置。

【請求項 8】 前記第 1 の関数フィッティング手段は、前記第 2 の投影情報の値を平均化する平均化手段を備えることを特徴とする請求項 3 ないし 7 のいずれか 1 つに記載の X 線 CT 装置。

【請求項 9】 前記第1の関数フィッティング手段は、前記第2の投影情報の値に高次関数をフィッティングすることを特徴とする請求項3ないし7のいずれか1つに記載のX線CT装置。

【請求項 10】 前記取得手段は、複数の異なる径を有する前記ファントムを用いて、複数の前記サイノグラムを取得することを特徴とする請求項3ないし9のいずれか1つに記載のX線CT装置。

【請求項 11】 前記ビームハードニング補正手段は、複数の前記サイノグラムごとに、前記第1の投影情報に前記ビームハードニング効果の補正を行い前記第2の投影情報を生成することを特徴とする請求項10に記載のX線CT装置。

【請求項 12】 前記第1のフィッティング手段は、複数の前記サイノグラムごとに、前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って前記第3の投影情報を生成することを特徴とする請求項11に記載のX線CT装置。

【請求項 13】 前記第2のフィッティング手段は、前記サイノグラムごとに一次の前記補正関数を求ることを特徴とする請求項12に記載のX線CT装置。

【請求項 14】 前記第2のフィッティング手段は、一次の前記補正関数に高次関数の関数フィッティングを行い高次の補正関数を求ることを特徴とする請求項14に記載のX線CT装置。

【請求項 15】 前記第2のフィッティング手段は、すべての前記サイノグラムの前記第3の投影情報の値を関数フィッティングして補正関数を求ることを特徴とする請求項12に記載のX線CT装置。

【請求項 16】 前記補正関数は、高次項を備えることを特徴とする請求項15に記載のX線CT装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、ファントムデータ (phantom data) に基づいて被検体の透過X線強度を補正するビームハードニング (beam hardening

g, 以下、B Hと略称する) 後処理方法およびX線CT装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

X線CT装置で用いられるX線源は、あるエネルギー幅を持ったX線を出力する。他方、被検体を透過するX線の線吸収係数は、X線エネルギーに依存しており、被検体の透過長さが大きい程、平均エネルギーが高い方向に移動するビームハードニング効果を呈する。これにより、X線の透過強度すなわち投影情報値と透過長さとは、比例関係が成立せず、非線形の関係となる。

【0003】

このB H効果は、再構成画像上では、中央部分の強度が低下するカッピング (capping) 効果を生じさせ、例えば、均一な強度の再構成画像を生成する投影情報値の補正関数を、X線検出器のチャネルごとに求めることにより補正がなされる（例えば、特許文献1参照）。

【0004】

しかし、さらに高精度の補正を行うために、撮像中心に配置される、FOV（撮像領域）全体を概ね被う直径で、かつ直径の異なる複数の円筒形状のファントムを撮像し、これらファントムの投影情報から前記補正を精密化することが行われる。

【0005】

【特許文献1】

特開平5-130987号公報、（第2～3頁、第1～2図）

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来技術によれば、投影情報取得の際に、大きくて配置に手間取る複数のファントムを、繰り返し撮像し、多くの時間が必要であると同時に、投影情報値に非線形効果も考慮した高精度の補正を行うことが出来なかった。すなわち、高精度な投影情報値の補正を行うには、チャネルごとに異なる大きな投影情報値が多数必要とされるので、撮像中心に配置される、多種類の直径を有するファントムを撮像する必要があった。

【0007】

特に、X線CT装置のキャリブレーション (calibration) 情報の取得においては、2～3個の、20cm～50cm径を有するファントムを用いて、100分を越える撮影を、前記補正の精密化だけの為に行う必要があり、オペレータには作業上の大変な負担となっていた。

【0008】

これらのことから、BH効果のチャネルごとの補正を、簡易にしかも非線形効果も考慮して精密化できるビームハードニング後処理方法およびX線CT装置をいかに実現するかが重要となる。

【0009】

この発明は、上述した従来技術による課題を解決するためになされたものであり、BH効果のチャネルごとの補正を、簡易にしかも非線形効果も考慮して精密化できるビームハードニング後処理方法およびX線CT装置を提供することを目的とする。

【0010】**【課題を解決するための手段】**

上述した課題を解決し、目的を達成するために、第1の観点の発明にかかるビームハードニング後処理方法は、撮像領域の撮像中心からずれた位置に配置されるファントムの第1の投影情報を、多方向からの複数ビューで撮影して1つのサイノグラムを取得し、前記第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、前記第2の投影情報を構成する各チャネルで、すべての前記ビューにおける前記第2の投影情報の値を独立変数として、前記第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、前記第2の関数フィッティングにより求まる補正関数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正することを特徴とする。

【0011】

この第1の観点による発明によれば、撮像領域の撮像中心からずれた位置に配置されるファントムの第1の投影情報を、多方向からの複数ビューで撮影して1

つのサイノグラムを取得し、この第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、この第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、さらに第2の投影情報を構成する各チャネルで、すべてのビューにおける第2の投影情報の値を独立変数として、第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、この第2の関数フィッティングにより求まる補正関数を用いて、撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正することとしているので、ビューごとに第2の投影情報の値が異なるので、補正関数を関数フィッティングで求める際に、第2の投影情報の値の広い範囲で補正関数のフィッティングを行い、補正関数の精度を向上することができる。

【0012】

また、第2の観点の発明にかかるビームハードニング後処理方法は、撮像領域の撮像中心からはずれた位置に配置される複数の異なる大きさを有するファントムの第1の投影情報を、多方向からの複数ビューで撮影して複数のサイノグラムを取得し、前記第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、前記第2の投影情報を構成する各チャネルで、すべての前記ビューおよびすべての前記サイノグラムの前記第2の投影情報の値を独立変数として、前記第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、前記第2の関数フィッティングにより求まる補正関数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正すること、を特徴とする。

【0013】

この第2の観点の発明によれば、撮像領域の撮像中心からはずれた位置に配置される複数の異なる大きさを有するファントムの第1の投影情報を、多方向からの複数ビューで撮影して複数のサイノグラムを取得し、この第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、この第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、さらに第2の投影情報を構成する各チャネルで、すべてのビューおよびすべてのサイノグラムの第2の投影情報の値を独立変数として、第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、この第2の関数フィッティングにより求まる補正関数を用いて、撮

像領域に載置される被検体の投影情報を補正することとしているので、サイノグラムごとに第2の投影情報の値が大きく異なるので、補正関数を第2の関数フィッティングで求める際に、第2の投影情報の値のさらに広い範囲で補正関数のフィッティングを行い、補正関数の精度をさらに向上して画質の向上を計ることができ、あるいは、少ない数のファントムで高精度の補正関数を得ることで簡易に補正関数求めることができる。

【0014】

また、第3の観点の発明にかかるX線CT装置は、撮像領域を透過するX線ビームの投影情報を、多チャネルからなるX線検出器を用いて、多方向からの複数ビューで取得し、前記投影情報にビームハードニング効果の補正を行うX線CT装置であって、前記撮像領域の撮像中心からずれた位置に配置されるファントムの第1の投影情報を、すべての前記ビューで撮影し、1つのサイノグラムを取得する手段と、前記第1の投影情報に前記ビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成するビームハードニング補正手段と、前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成する第1のフィッティング手段と、前記第2の投影情報を構成する各チャネルで、すべての前記ビューの前記第2の投影情報の値を独立変数とする前記第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングして補正関数を求める第2のフィッティング手段と、前記補正関数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正する補正手段と、を備えることを特徴とする。

【0015】

この第3の観点の発明によれば、取得手段により、撮像領域の撮像中心からずれた位置に配置されるファントムの第1の投影情報を、すべてのビューで撮影して、1つのサイノグラムを取得し、ビームハードニング補正手段により、第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、第1のフィッティング手段により、第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、第2のフィッティング手段により、第2の投影情報を構成する各チャネルで、すべてのビューの第2の投影情報の値を独立変数とする第3の投影情報の値を第2関数フィッティングして補正関数を求め、補正手

段により、この補正関数から、撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正することとしているので、ビューごとに第2の投影情報の値が異なるので、補正関数を第2の関数フィッティングで求める際に、第2の投影情報の値の広い範囲で補正関数のフィッティングを行い、補正関数の精度を向上することができる。

【0016】

また、第4の観点の発明にかかるX線CT装置は、前記ファントムが、円形の断面形状を備えることを特徴とする。

【0017】

この第4の観点の発明によれば、ファントムは、円形の断面形状を備えることとしているので、第2の投影情報の値を連続的に変化させることができる。

【0018】

また、第5の観点の発明にかかるX線CT装置は、前記断面形状が、前記撮像領域より小さい径を備えることを特徴とする。

【0019】

この第5の観点の発明によれば、断面形状は、撮像領域より小さい径を備えることとしているので、小さいファントムを用いてオペレータの負担を軽減することができる。

【0020】

また、第6の観点の発明にかかるX線CT装置は、前記第1の関数フィッティングを、前記第2の投影情報のチャネル間で行うことを特徴とする。

【0021】

この第6の観点の発明によれば、第1の関数フィッティングを、第2の投影情報のチャネル間で行うこととしているので、チャネル方向の補正関数を求めることができる。

【0022】

また、第7の観点の発明にかかるX線CT装置は、前記第1の関数フィッティングを、複数の前記第2の投影情報を含む1つのサイノグラムのビュー間で行うことを特徴とする。

【0023】

この第7の観点の発明によれば、第1の関数フィッティングを、複数の第2の投影情報を含む1つのサイノグラムのビュー間で行うこととしているので、ビュー方向にも平滑化され、補正関数を求める際の、第2の投影情報および第3の投影情報の値のばらつきを減少させることができる。

【0024】

また、第8の観点の発明にかかるX線CT装置は、前記第1の関数フィッティングが、前記第2の投影情報の値を平均化する平均化手段を備えることを特徴とする。

【0025】

この第8の観点の発明によれば、第1の関数フィッティングが、平均化手段により、第2の投影情報の値を平均化することとしているので、簡易に平滑化を行うことができる。

【0026】

また、第9の観点の発明にかかるX線CT装置は、前記第1のフィッティング手段が、前記第2の投影情報の値に高次関数をフィッティングすることを特徴とする。

【0027】

この第9の観点の発明によれば、第1の関数フィッティングが、第2の投影情報の値に高次関数をフィッティングすることとしているので、ビュー方向に平滑化を行う場合等に高次関数のフィッティングにより平滑化を行うことができる。

【0028】

また、第10の観点の発明にかかるX線CT装置は、前記取得手段が、複数の異なる径を有する前記ファントムを用いて、複数の前記サイノグラムを取得することを特徴とする。

【0029】

この第10の観点の発明によれば、取得手段が、複数の異なる径を有するファントムを用いて、複数のサイノグラムを取得することとしているので、サイノグラムごとに第2の投影情報の値が大きく異なり、補正関数を関数フィッティングで求める際に、第2の投影情報の値のさらに広い範囲で補正関数のフィッティ

グを行い、補正関数の精度をさらに向上して画質の向上を計ることができ、あるいは、少ない数のファントムで高精度の補正関数を得ることで簡易に補正関数を求めることができる。

【0030】

また、第11の観点の発明にかかるX線CT装置は、前記ビームハードニング補正手段は、複数の前記サイノグラムごとに、前記第1の投影情報に前記ビームハードニング効果の補正を行い前記第2の投影情報を生成することを特徴とする。

【0031】

この第11の観点の発明によれば、ビームハードニング補正手段は、複数のサイノグラムごとに、第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成することとしているので、サイノグラムごとに第3の投影情報を生成することができる。

【0032】

また、第12の観点の発明にかかるX線CT装置は、前記第1の関数フィッティングが、複数の前記サイノグラムごとに、前記第2の投影情報の前記第1の関数フィッティングを行い前記第3の投影情報を生成することを特徴とする。

【0033】

この第12の観点の発明によれば、第1の関数フィッティングが、複数のサイノグラムごとに、第2の投影情報の第1の関数フィッティングを行い第3の投影情報を生成することとしているので、サイノグラムごとの補正関数を求めることができます。

【0034】

また、第13の観点の発明にかかるX線CT装置は、前記第2のフィッティング手段が、前記サイノグラムごとに一次の前記補正関数を求めることを特徴とする。

【0035】

この第13の観点の発明によれば、第2のフィッティング手段が、サイノグラムごとに一次の補正関数を求めることとしているので、近似的な補正関数を求め

演算効率を向上することができる。

【0036】

また、第14の観点の発明にかかるX線CT装置は、前記第2のフィッティング手段が、一次の前記補正関数に高次関数の関数フィッティングを行い高次の補正関数を求めることを特徴とする。

【0037】

この第14の観点の発明によれば、第2のフィッティング手段が、一次の補正関数に高次関数の関数フィッティングを行い高次の補正関数を求めるこことしてるので、簡易に非線形効果を含む高次の補正関数を求めるこができる。

【0038】

また、第15の観点の発明にかかるX線CT装置は、前記第2のフィッティング手段が、すべての前記サイノグラムの前記第3の投影情報の値を関数フィッティングして補正関数を求めることを特徴とする。

【0039】

この第15の観点の発明によれば、第2のフィッティング手段は、すべてのサイノグラムの第3の投影情報の値を関数フィッティングして補正関数を求めるこことしてるので、多くの第2の投影情報および第3の投影情報から高精度の補正関数を求めるこができる。

【0040】

また、第16の観点の発明にかかるX線CT装置は、前記補正関数が、高次項を備えることを特徴とする。

【0041】

この第16の観点の発明によれば、補正関数が、高次項を備えるこことしてるので、非線形効果を含めて高精度のフィッティングを行うこができる。

【0042】

【発明の実施の形態】

以下に添付図面を参照して、この発明にかかるビームハードニング後処理方法およびX線CT装置の好適な実施の形態について説明する。なお、これにより本発明が限定されるものではない。

【0043】

まず、本実施の形態にかかるX線CT装置の全体構成について説明する。図1は、X線CT装置のブロック（block）図を示す。図1に示すように、本装置は、走査ガントリ（gantry）2および操作コンソール（console）6を備えている。

【0044】

走査ガントリ2はX線管20を有する。X線管20から放射された図示しないX線は、コリメータ（collimator）22により、例えば扇状のX線ビーム（beam）すなわちファンビーム（fanbeam）X線となるように成形され、X線検出器24に照射される。

【0045】

X線検出器24は、ファンビームX線の広がり方向にアレイ状に配列された複数のX線検出素子を有する。X線検出器24は、複数のX線検出素子をアレイ状に配列した、多チャネル（channel）の検出器となっている。

【0046】

X線検出器24は、全体として、円筒凹面状に湾曲したX線入射面を形成する。X線検出器24は、例えばシンチレータ（scintillator）とフォトダイオード（photodiode）の組み合わせによって構成される。なお、これに限られず、例えばカドミウム・テルル（CdTe）等を利用した半導体X線検出素子またはXeガス（gas）を用いる電離箱型のX線検出素子であっても良い。X線管20、コリメータ22およびX線検出器24は、X線照射・検出装置を構成する。

【0047】

X線検出器24にはデータ収集部26が接続されている。データ収集部26は、X線検出器24の個々のX線検出素子の検出データを収集する。X線管20からのX線の照射は、X線コントローラ（controller）28によって制御される。なお、X線管20とX線コントローラ28との接続関係およびコリメータ22とコリメータコントローラ30との接続関係については図示を省略する。コリメータ22は、コリメータコントローラ30によって制御される。

【0048】

以上の、X線管20からコリメータコントローラ30までのものが、走査ガントリ2の回転部34に搭載されている。ここで、被検体あるいはファントムは、回転部34の中心に位置するボア（bore）29内のクレードル（cradle）上に載置される。回転部34は、回転コントローラ36により制御されつつ回転し、X線管20からX線を爆射し、X線検出器24において被検体およびファントムの透過X線を、各ビューごとの投影情報として検出する。なお、回転部34と回転コントローラ36との接続関係については図示を省略する。

【0049】

操作コンソール6はデータ処理装置60を有する。データ処理装置60は、例えばコンピュータ等によって構成される。データ処理装置60には、制御インターフェース（interface）62が接続されている。制御インターフェース62には、走査ガントリ2が接続されている。データ処理装置60は制御インターフェース62を通じて走査ガントリ2を制御する。

【0050】

走査ガントリ2内のデータ収集部26、X線コントローラ28、コリメータコントローラ30および回転コントローラ36が制御インターフェース62を通じて制御される。なお、これら各部と制御インターフェース62との個別の接続については図示を省略する。

【0051】

データ処理装置60には、また、データ収集バッファ（buffer）64が接続されている。データ収集バッファ64には、走査ガントリ2のデータ収集部26が接続されている。データ収集部26で収集されたデータがデータ収集バッファ64を通じてデータ処理装置60に入力される。

【0052】

データ処理装置60は、データ収集バッファ64を通じて収集した透過X線信号すなわち投影情報を用いて画像再構成を行う。データ処理装置60には、また、記憶装置66が接続されている。記憶装置66は、データ収集バッファ64に収集された投影情報や再構成された断層画像情報および本装置の機能を実現する

ためのプログラム（program）等を記憶する。

【0053】

データ処理装置60には、また、表示装置68と操作装置70がそれぞれ接続されている。表示装置68は、データ処理装置60から出力される断層画像情報やその他の情報を表示する。操作装置70は、オペレータによって操作され、各種の指示や情報等をデータ処理装置60に入力する。オペレータは表示装置68および操作装置70を使用してインタラクティブ（interactive）に本装置を操作する。なお、走査ガントリ2、撮影テーブル4および操作コンソール6は、被検体あるいはファントムを撮影して断層画像を取得する取得装置を構成する。

【0054】

図2に、データ処理装置60の本実施の形態であるビームハードニング後処理方法に関連する部分のみの機能ブロック図を示す。データ処理装置60は、記憶装置66の投影情報に対して行う、BH補正手段201、第1のフィッティング手段202、第2のフィッティング手段204および画像再構成手段206等の機能を含む。

【0055】

BH補正手段201は、記憶装置66の投影情報にBH補正を行う。X線検出器24の各チャネルで取得される投影情報値をIhとし、BH補正した補正データをIcとすると、BH補正は次式により行われる。

【0056】

$$Ic = B_0 \cdot I_h + B_1 \cdot I_h^2 + B_2 \cdot I_h^3 + B_3 \cdot I_h^4 \quad (1)$$

ここで、B0～B3は補正係数である。これら補正係数は、例えば、特許文献1の方法により各チャネルごとに確定され、補正係数テーブルとして記憶装置66の保存される。

【0057】

第1のフィッティング手段202は、記憶装置66の投影情報の各チャネルあるいは各ビュー間の平滑化を行う。この第1のフィッティング手段202は、各チャネル間あるいは各ビュー間での平均化演算を行う平均化手段か、あるいは、

チャネル方向あるいはビュー方向の投影情報値に高次の関数をフィッティングすることにより行われる。このフィッティングで求めた関数は、関数の次数を超える高周波成分は除去されるので平滑化と同等の効果を得る。

【0058】

第2のフィッティング手段204は、X線検出器24の1つのチャネルが取得する、投影情報値および第1のフィッティング手段202により第1の関数フィッティングされた投影情報値の間で一次あるいは高次関数のフィッティングを行う。これにより、BH補正手段201で用いられる（1）式と同様の補正関数を取得することができる。

【0059】

画像再構成手段206は、記憶装置66の複数ビューからなる投影情報であるサイノグラムを用いて、被検体あるいはファントムの断層画像を再構成する。画像再構成には、例えばフィルタード・バックプロジェクション（filterd back projection）法等が用いられ、表示装置68に再構成画像が表示される。

【0060】

つづいて、本実施の形態にかかるX線CT装置の動作について述べる前に、ボア29の撮像中心からはずれた位置に配置されるファントムのデータ収集、投影情報およびサイノグラムについて説明する。

【0061】

図3は、走査ガントリ2のボア29内に配置されたファントム310を示している。ファントム310は、円形断面を有しており、その中心は、ボア29の撮像中心とは異なる場所に位置する。X線管20からボータイフィルタを透過して発生されるX線ファンビームは、ファントム310を透過して、X線検出器24で検出される。

【0062】

X線検出器24は、X線ファンビームの拡がり方向に複数のX線検出素子がアレイ状に配列されており、アレイ状の各チャネルでファントム310の投影情報を検出する。ここで、X線管20、コリメータ22およびX線検出器24は、ボ

ア29を中心にして対向配置されており、相対位置を変化すること無く、回転部34ごとボア29の周り回転しつつ投影情報の取得を行う。そして、この回転角度に対応したビュー番号ごとに、前記投影情報を取得し、一枚のサイノグラムを生成する。

【0063】

図4 (A) は、ファントム310を用いた場合のサイノグラムの一例を示した。サイノグラムは、チャネルの中心近傍に存在する投影情報部およびチャネルの周辺に存在する空気データ部とからなる。ファントム310は、撮像中心からずれて配置されるので、投影情報部のチャネル幅の位置は、回転部34の回転、すなわちビュー番号の変化と共に位置を変化させ、図4 (A) の様に、ビュー番号方向に蛇行する。また、同様の理由により、ビュー番号の変化と共に、投影情報部のチャネル幅も変化する。

【0064】

図4 (B) は、図4 (A) のビュー番号がjである投影情報を、横軸をチャネル番号、縦軸を投影情報値として表示したものである。投影情報値は、ファントム310を透過するX線ビームの透過長さに比例するので、ファントム310の中心近傍を透過するX線は、透過長さが大きく、高い投影情報値を示し、ファントム310の周辺近傍を透過するX線は、透過長さが小さく、低い投影情報値を示し、図4 (B) の様な半円形の投影像を示す。

【0065】

ここで、一例として、ビュー番号がj、チャネル番号がiの投影情報値を示す。図3に点線で示したX線ビームは、ビュー番号jの場合に、X線検出器24のチャネル番号iに入射する。この際、X線ビームがファントム310内を透過する長さをlとする。この長さlと、図4 (B) のチャネルiの投影情報値hは、

$$l \propto h$$

の関係にある。また、図3において、ファントム310は、撮像中心からずれた位置にあるので、チャネルiの透過長さlは、ビューごとに変化する。従って、図4 (B) に示した、チャネルiの投影情報値hもビューごとに変化する。

【0066】

また、図4 (C) は、図4 (A) のチャネル番号が i の投影情報値を、横軸をビューフレーム番号、縦軸を投影情報値として表示したものである。投影情報値は、ビューフレームごとに異なる、ファントム310を透過するX線ビームの透過長さに比例するので、図4 (C) に示した様な周期性のある関数となる。

【0067】

つづいて、BH後処理における補正係数を求める動作について説明する。図5は、本実施の形態にかかる補正係数を求める動作を示すフローチャートである。なお、図6には、本動作の際に生成される中間的な投影情報のファイルを示す。まず、ファントムをボア29内の撮像中心からはずれた位置に配置する。このファントムは、ポリプロピレン等の材質で作成された、円筒形状を有し、例えば径は35cmのものとする。そして、このファントムを用いて、ファントムスキャンを行う（ステップS501）。図6に、このスキャンにより取得される第1の投影情報601を示した。第1の投影情報からなるサイノグラムに対して、ノイズ（noise）除去および感度補正等の前処理を行う（ステップS502）。

【0068】

その後、(1)式を用いて、投影情報値 I_h にBH補正を行い、補正された投影情報値 I_c を求める（ステップS503）。これにより、図6に示す第2の投影情報が生成される。このファイルでは、BH効果は、概ね除去されるが、X線検出器24の個々のチャネルごとのばらつきに起因する若干のBH効果が残存する。図7 (A) に第2の投影情報の例を模式的に示した。概ね円形ファントムの投影情報である半円形の形状を有しているが、チャネルによっては、X線感度の違い等により、パルス（pulse）状に投影情報値 I_c が変化する。これらは、チャネル固有の現象であるのでチャネルごとに補正する必要がある。また、図8 (A) に第2の投影情報の1つのチャネルのビューフレームの投影情報値の例を模式的に示した。ビューフレームによっては、投影情報値 I_c がパルス状に変化する。

【0069】

その後、図5に戻り、第2の投影情報602を用いて、第1のフィッティング手段202によりチャネル方向の平滑化を行う（ステップS504）。これにより、図6に示す第3の投影情報603が生成される。この投影情報では、チャ

ネルごとのばらつきに起因する投影情報値 I_c が平滑化されて除去される。図 7 (B) に第 3' の投影情報の例を模式的に示した。円形ファントムの投影情報である半円形の形状のみが投影情報として求まる。

【0070】

その後、図 5 に戻り、第 3' の投影情報 603 を用いて、第 1 のフィッティング手段 202 によりビュー方向の平滑化を行う（ステップ S505）。これにより、図 6 に示す第 3 の投影情報 604 が生成される。この投影情報では、1 つのチャネルで生じるビューごとのばらつきに起因する投影情報値が平滑化される。図 8 (B) に第 3 の投影情報の例を模式的に示した。1 つのチャネルのビュー方向の周期的な投影情報値が平滑化される。

【0071】

その後、図 5 に戻り、第 2 のフィッティング手段 204 を用いて、第 2 の投影情報および第 3 の投影情報から一次の補正関数を求める（ステップ S506）。ここで、チャネル番号が i の第 2 の投影情報の投影情報値を $S(j)$ 、第 3 投影情報の投影情報値を $F(j)$ とする。そして、すべてのビュー番号での投影情報値を、横軸を $S(j)$ 、縦軸を $F(j)$ として図示すると図 9 に示す様に、概ね原点を通る直線上に配列する。この直線をチャネル i の補正関数とする。また、この補正関数は、記憶装置 66 に補正関数情報 605 として保存される。なお、この補正関数の傾きを K_i とすると、

$$F(j) / S(j) = K_i$$

となる。なお、被検体から得られる BH 補正後のチャネル i の投影情報値 I_c にこの補正係数 K_i を乗算すると、

$$I_p = I_c \cdot K_i$$

となり、被検体の平滑化された補正後の投影情報値 I_p が得られる。

【0072】

また、図 9 で示した、投影情報値 $S(j)$ の大きさおよび値の取得範囲は、投影情報値の大きさが図 3 で示した透過長さ l に比例するので、ファントム 310 の径およびボア 29 内のファントム位置に依存する。

【0073】

その後、図5に戻り、補正関数の精度を向上するかどうかを判定する（ステップS507）。補正関数の精度向上を計る場合には（ステップS507肯定）、ファントム310と異なる径のファントムを、ボア29内の撮像中心から異なる位置に配置し、ステップS501に移行する。そして、新たな補正関数を取得する。

【0074】

図9（B）に、2つの異なる径のファントムを用いた場合に求められる補正関数の例を示す。ファントムの径およびファントムの位置からX線ビームの透過長さが決まり、投影情報値 $S(j)$ も決まる。従って、ファントムの径をA, Bとして、 $A < B$ とすると、概ね図9（B）に示す様に、ファントムAの投影情報値は、領域Aに存在し、ファントムBの投影情報値は、領域Bに存在する。そして、これら領域の投影情報値から、補正関数が求まる。

【0075】

その後、補正関数の精度上充分なデータが取得された場合には（ステップS507否定）、取得された領域ごとの補正係数に対して高次関数のフィッティングを行う（ステップS508）。図10に、図9（B）に示されたファントムAおよび

Bの補正関数を用いた場合の例を示す。領域Aの補正関数Aの値および領域Bの補正関数Bの値に対して、以下の3次のフィッティング関数をフィッティングし

$$I_f = K_0 \cdot S(j) + K_1 \cdot S(j)^2 + K_2 \cdot S(j)^3 \quad (2)$$

補正係数 K_0 , K_1 および K_2 を決定する。なお、この際、投影情報値の小さい領域Aの補正係数は、投影情報値の大きい領域Bの補正係数より精度が高いと考えられるので、領域ごとに重み付けを行い、領域Aでより高精度にフィッティングするように式（2）の補正係数を決めることもできる。

【0076】

その後、図5に戻り、補正係数 K_0 , K_1 および K_2 の値からなる高次補正関数情報606を記憶装置66に保存し（ステップS509）、本処理を終了する。

【0077】

なお、被検体の撮像を行う際には、被検体のBH補正が行われた投影情報値 I_c に対して、各チャネルごとの補正係数 K_0 、 K_1 および K_2 を用いて、式(2)から補正された投影情報値 I_f を求める。そして、これら投影情報値 I_f を、画像再構成手段206により、画像の再構成を行い断層画像情報を取得する。

【0078】

上述してきたように、本実施の形態では、異なる径のファントムを撮像中心からずれた位置に配置して、X線ビームの透過長さがビューごとに異なり、従って、投影情報値もビューごとに異なる投影情報を各チャネルで取得することとしているので、BH補正後に行うこの投影情報値のチャネルごとの補正で、補正関数を高次関数で近似し、非線形成分を考慮した補正を行うことができ、さらに少ない数のファントムデータでも高精度な補正関数を求めることができるので、オペレータのキャリブレーションにかける時間的および肉体的負担を軽減することができる。

【0079】

また、本実施の形態では、式(2)を用いて3次関数でフィッティングを行つたが、2次あるいは4次以上の高次関数でフィッティングすることもできる。

【0080】

また、本実施の形態では、ステップS506でサイノグラムごとに一次の補正関数をもとめることとしたが、サイノグラムごとの第2の投影情報602および第3の投影情報604に対して高次関数をフィッティングし、一次の補正関数を求めずに高次の補正関数を求めることもできる。

【0081】**【発明の効果】**

以上説明したように、本発明によれば、取得手段により、撮像領域の撮像中心からずれた位置に配置される1つあるいは複数の異なる径を有するファントムの第1の投影情報を、すべてのビューで撮影して、1つあるいは複数のサイノグラムを取得し、ビームハードニング補正手段により、第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、第1のフィッティング手段

により、第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、第2のフィッティング手段により、第2の投影情報を構成する各チャネルで、すべてのビューの第2の投影情報の値を独立変数とする第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングを行って補正関数を求め、補正手段により、この補正関数から、撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正することとしているので、ビューごとあるいはサイノグラムごとに第2の投影情報の値が異なるので、補正関数を関数フィッティングで求める際に、第2の投影情報の値の広い範囲で補正関数のフィッティングを行い、補正関数の精度を向上して画質の向上を計ることができ、あるいは、少ない数のファントムで高精度の補正関数を得ることで簡易に補正関数を求めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

X線CT装置の全体構成を示すブロック図である。

【図 2】

実施の形態1のデータ処理装置を示す機能ブロック図である。

【図 3】

実施の形態1のファントムと回転部の位置関係を示す図である。

【図 4】

実施の形態1のファントムのサイノグラムおよび投影情報値を示す図である。

【図 5】

実施の形態1のデータ処理装置の動作を示すフローチャートである。

【図 6】

実施の形態1の記憶装置内のファイルを示すブロック図である。

【図 7】

実施の形態の投影情報値のチャネル方向の処理を示す図である。

【図 8】

実施の形態の投影情報値のビュー方向の処理を示す図である。

【図 9】

実施の形態の投影情報値の補正係数を示す図である。

【図10】

実施の形態の投影情報値の第2のフィッティング関数を求める図である。

【符号の説明】

- 2 走査ガントリ
- 4 撮影テーブル
- 6 操作コンソール
- 20 X線管
- 22 コリメータ
- 24 X線検出器
- 26 データ収集部
- 28 X線コントローラ
- 29 ポア
- 30 コリメータコントローラ
- 34 回転部
- 36 回転コントローラ
- 60 データ処理装置
- 62 制御インターフェース
- 64 データ収集バッファ
- 66 記憶装置
- 68 表示装置
- 70 操作装置
- 201 BH補正手段
- 202 第1のフィッティング手段
- 204 第2のフィッティング手段
- 206 画像再構成手段
- 310 ファントム
- 601 第1の投影情報
- 602 第2の投影情報
- 603 第3の投影情報

604 第3の投影情報

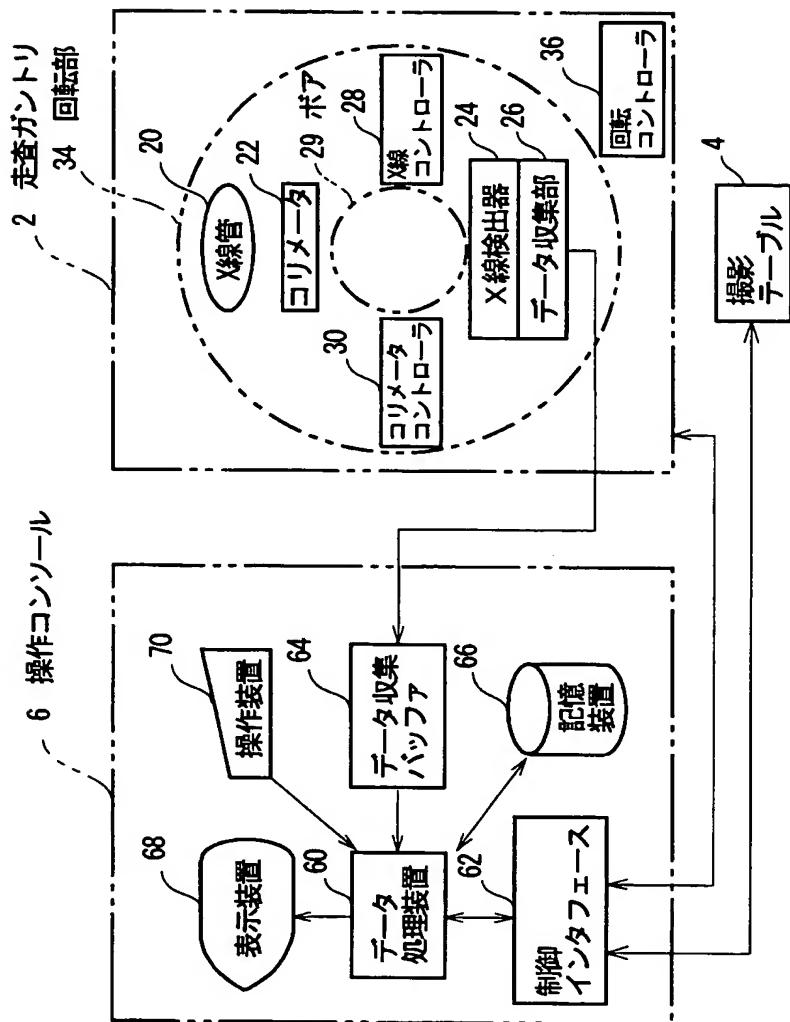
605 補正関数情報

606 高次補正関数情報

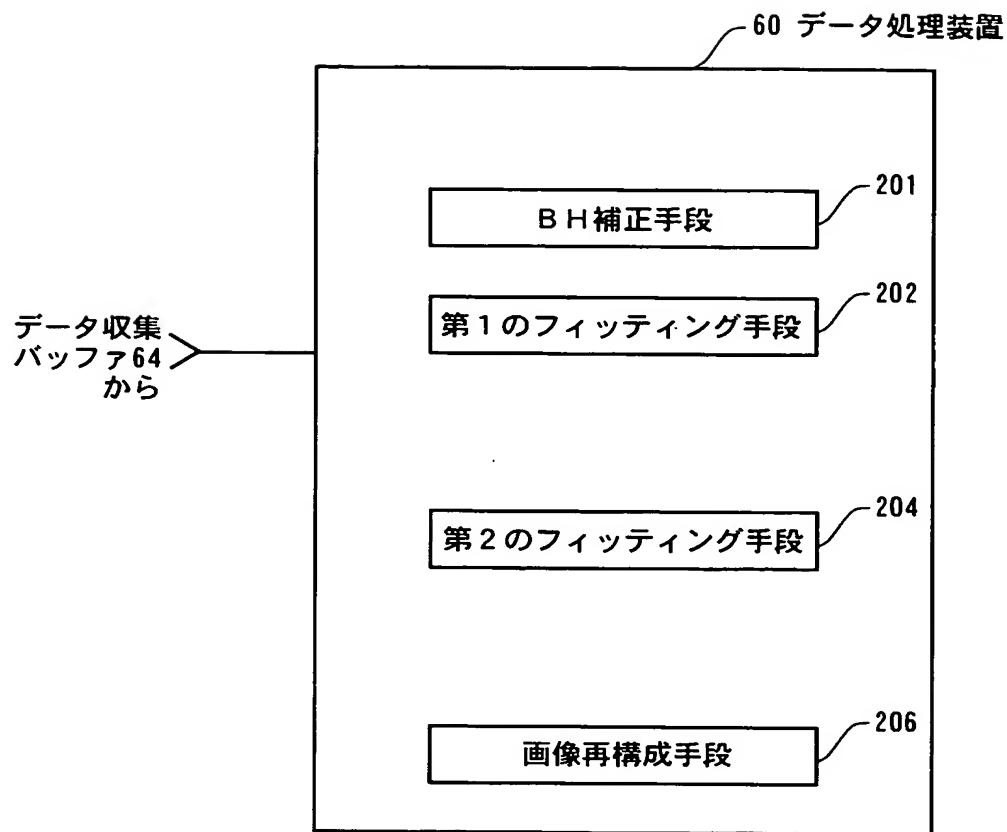
【書類名】

図面

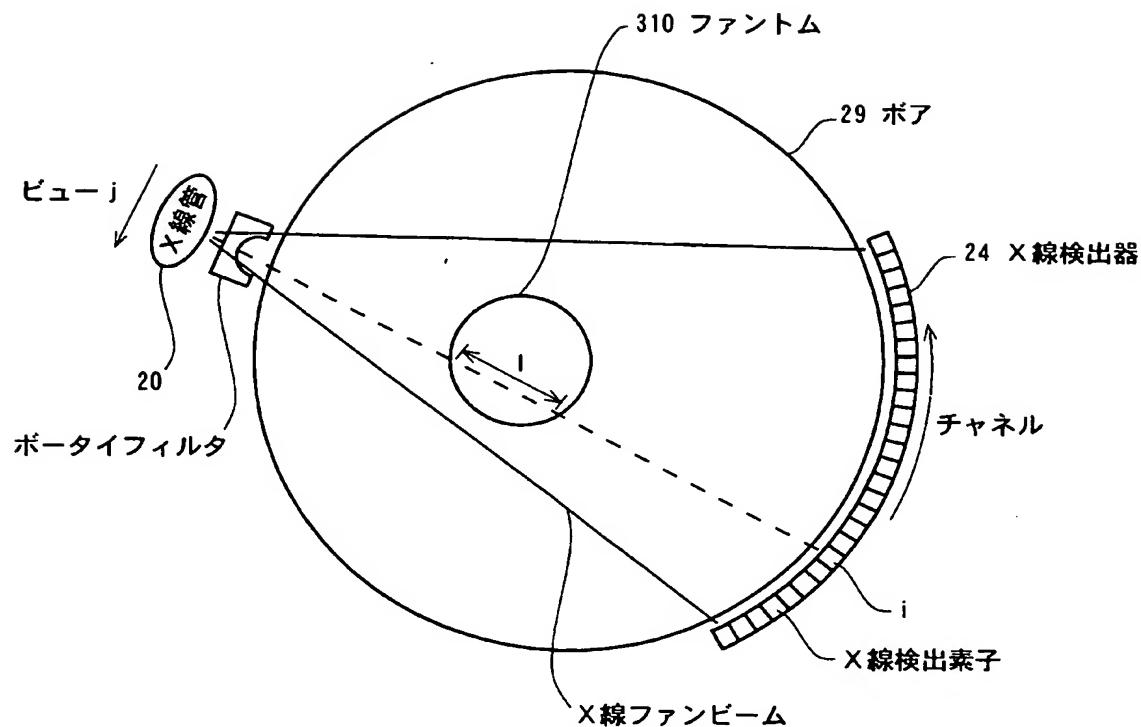
【図 1】



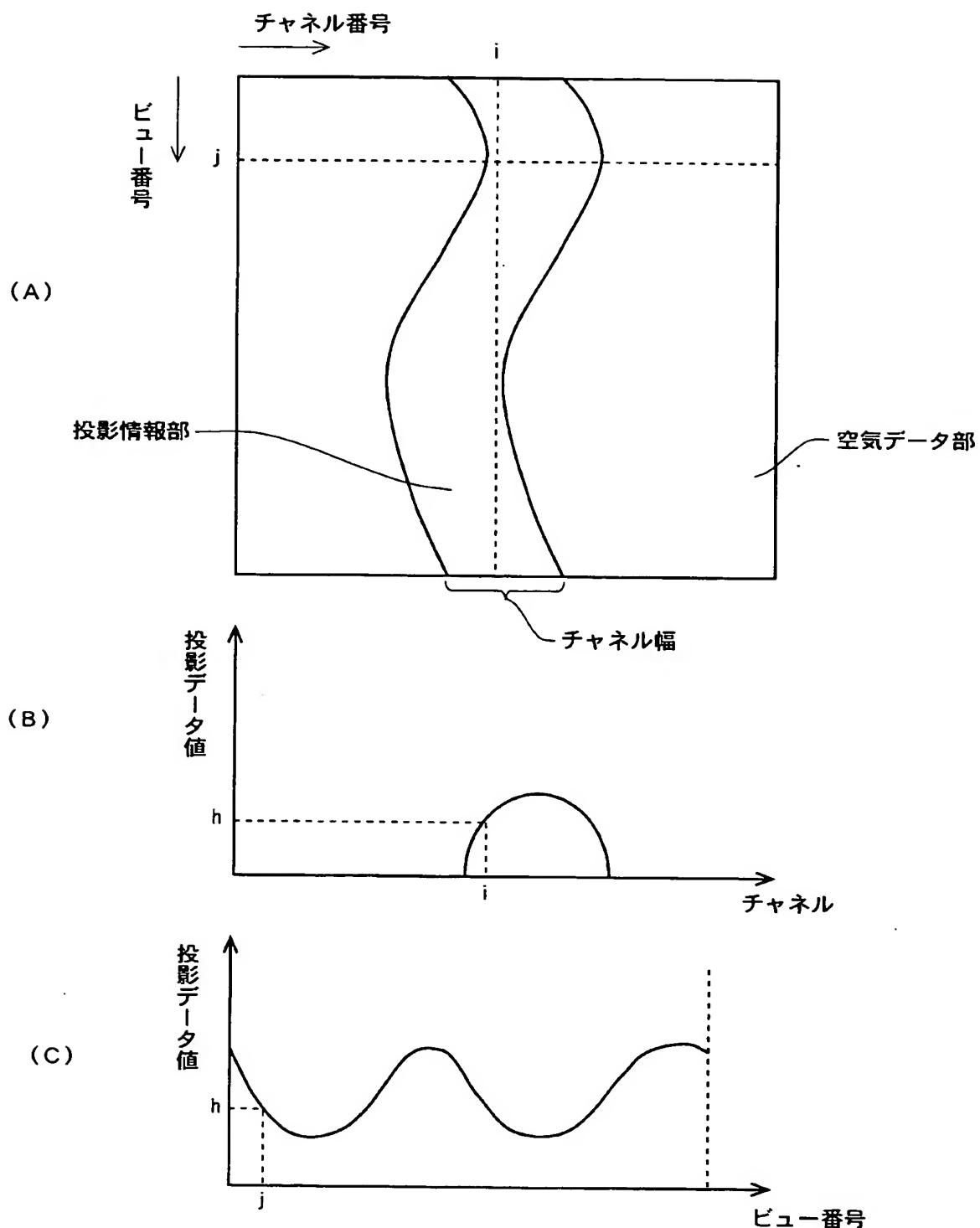
【図 2】



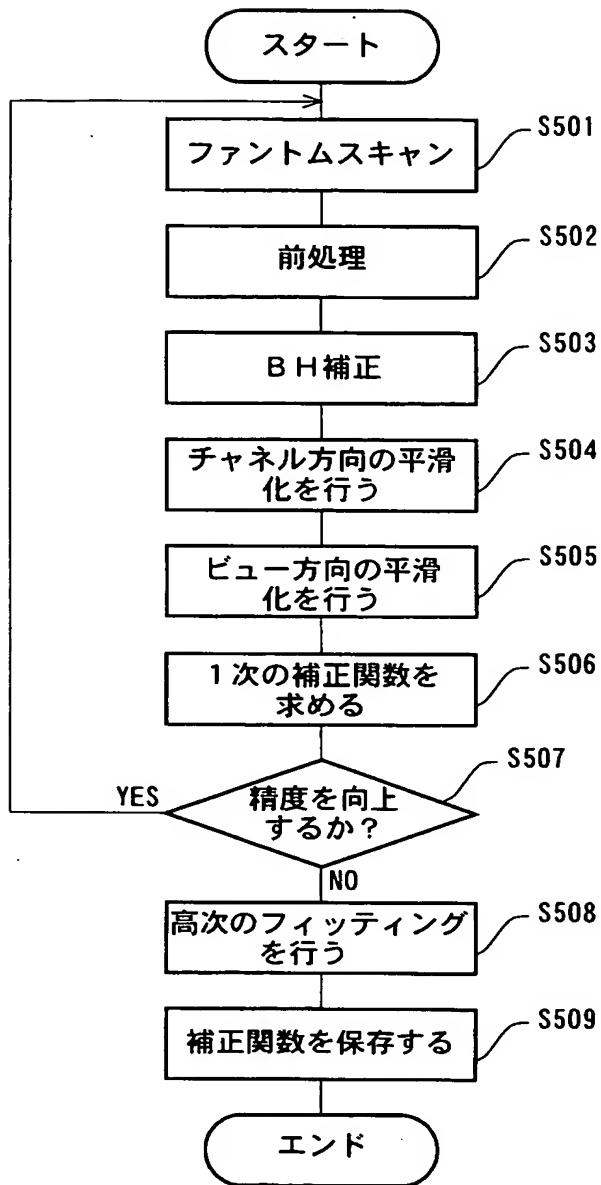
【図3】



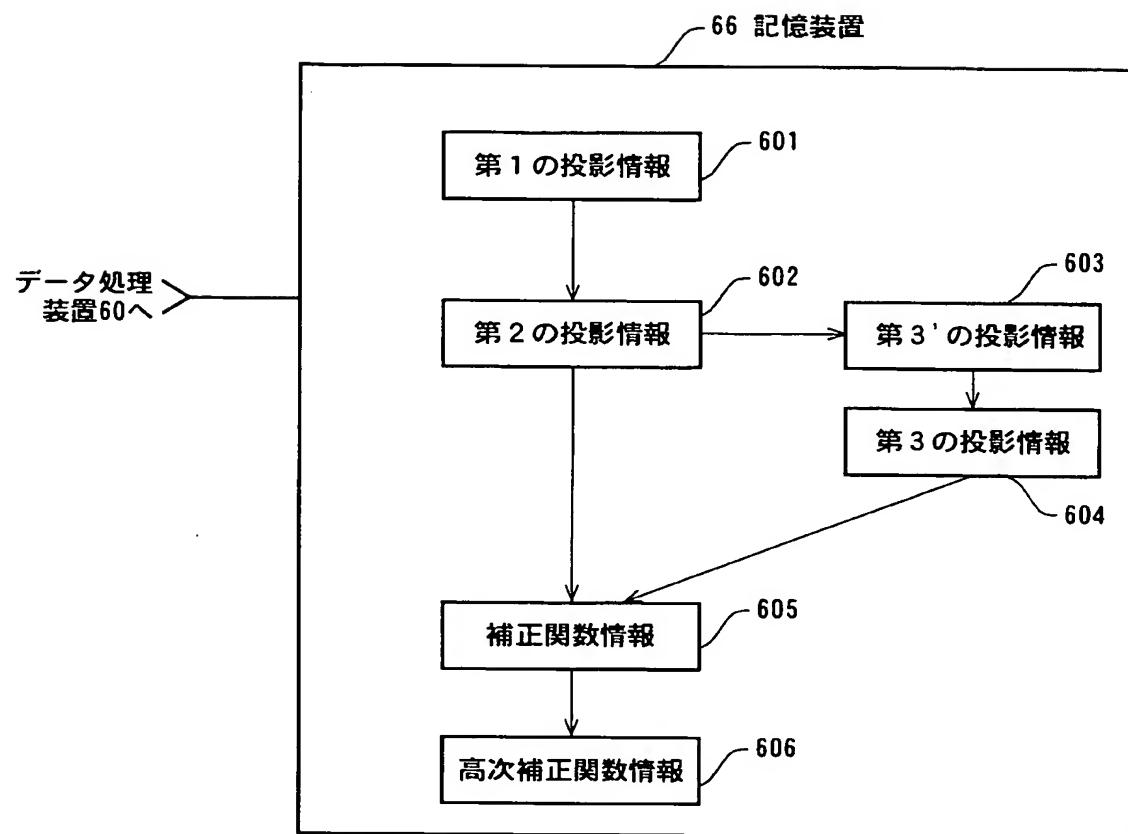
【図 4】



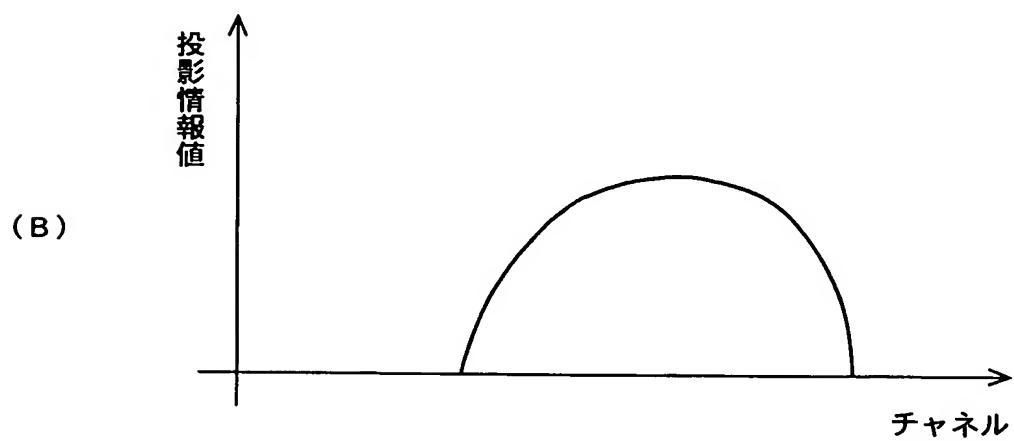
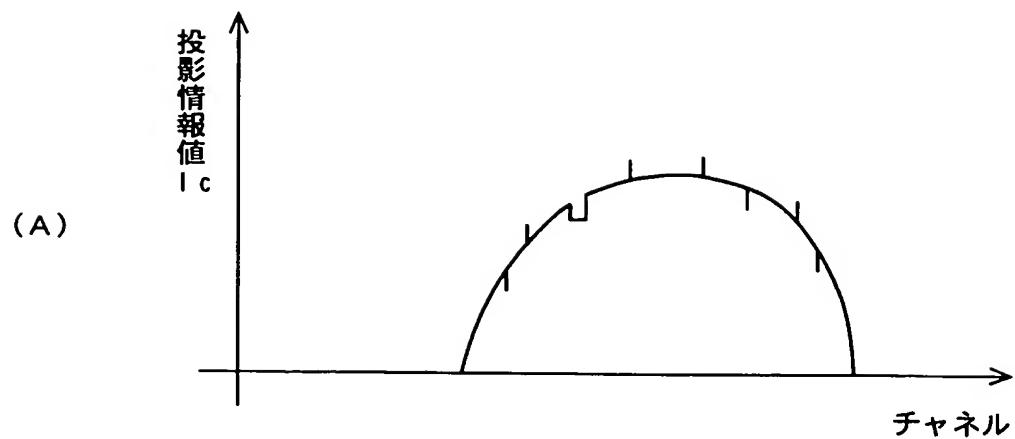
【図5】



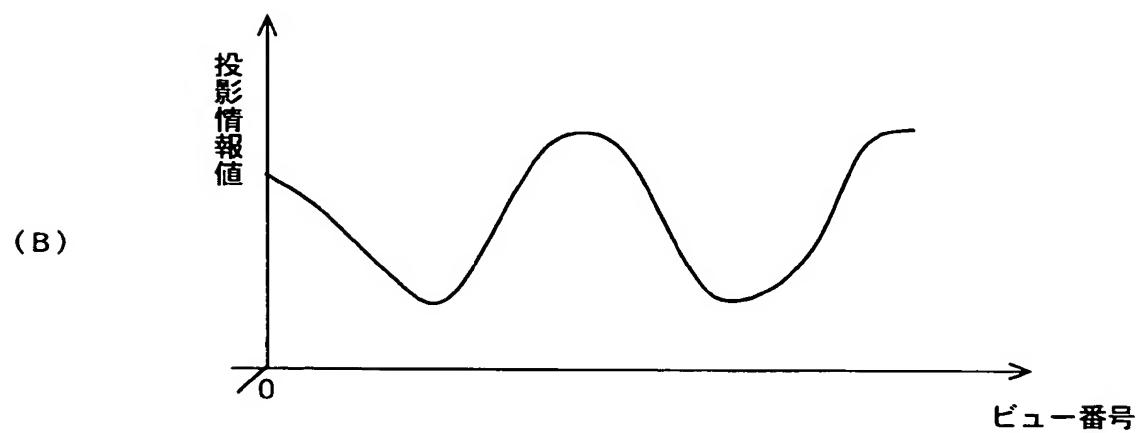
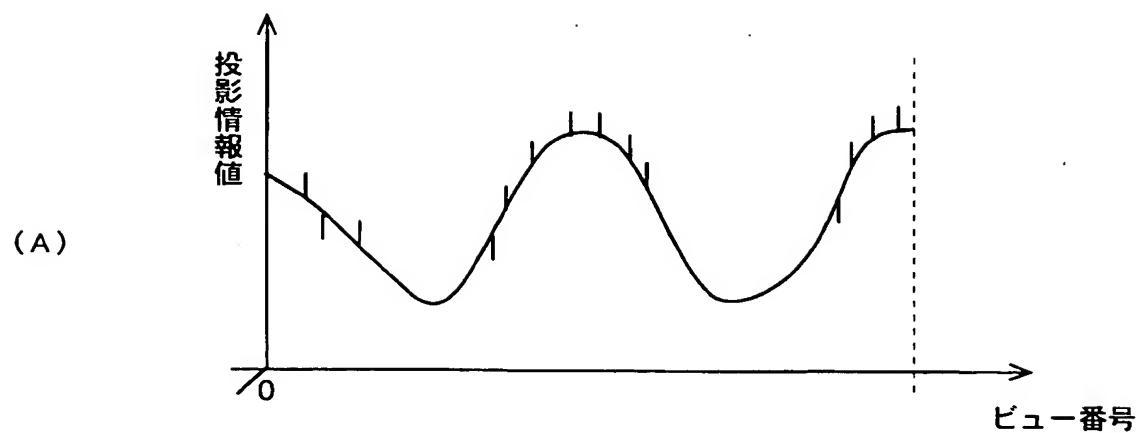
【図 6】



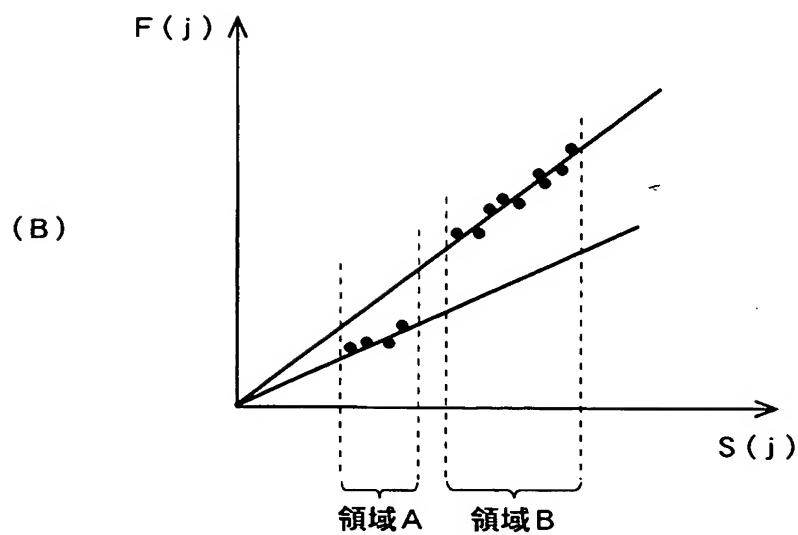
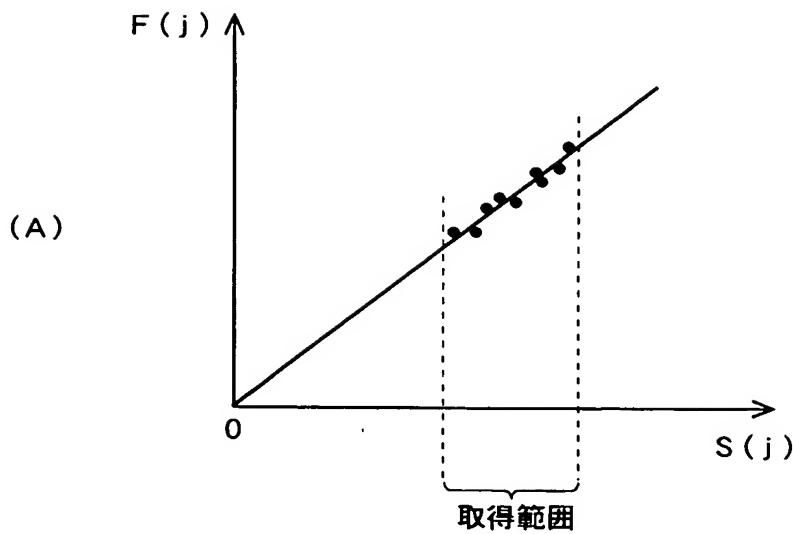
【図 7】



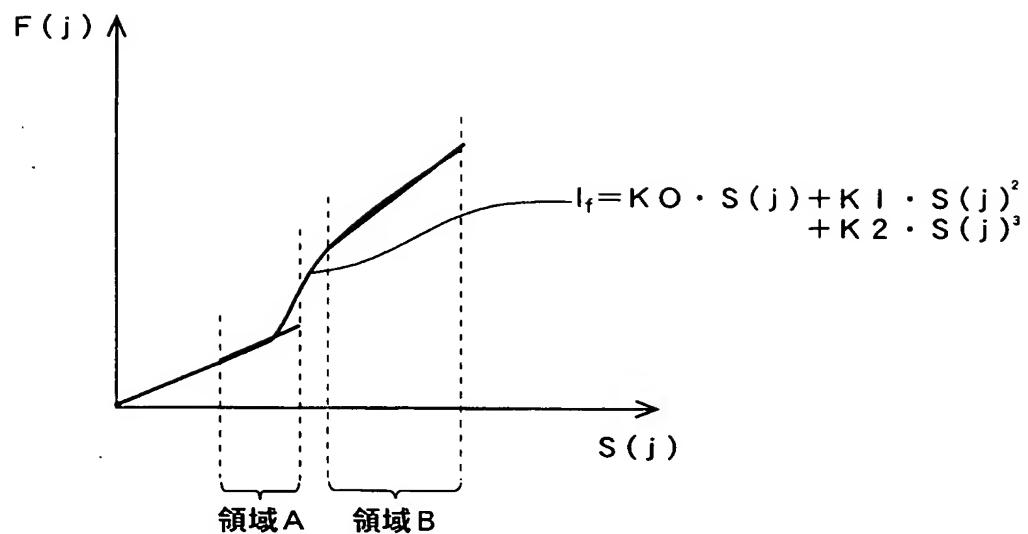
【図8】



【図9】



【図10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 BH効果のチャネルごとの補正を、簡易にしかも非線形効果も考慮して精密化できるビームハードニング後処理方法およびX線CT装置を実現する。

【解決手段】 異なる径のファントムを撮像中心からずれた位置に配置して、X線ビームの透過長さがビューごとに異なる投影情報を取得し（ステップS501）、従って、投影情報値がビューごとに異なる投影情報を、各チャネルで取得し、補正係数を求め（ステップS506）、この補正係数から、高次関数のフィッティングにより非線形効果も含めた補正関数を求める（ステップS508）こととしているので、BH補正後に行うこの投影情報値のチャネルごとの補正で高精度の補正を行うことができ、さらに少数のファントム投影情報でも高精度な補正を行うことができるので、キャリブレーションにかける時間的負担を軽減することを実現させる。

【選択図】 図5

特願2002-349426

出願人履歴情報

識別番号 [300019238]

1. 変更年月日 2000年 3月 1日
[変更理由] 新規登録
住 所 アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53188・ワウケシャ
・ノース・グランドビュー・ブルバード・ダブリュー・71
0・3000
氏 名 ジーイー・メディカル・システム・グローバル・テクノロジー
・カンパニー・エルエルシー

2. 変更年月日 2000年 3月 15日
[変更理由] 名称変更
住 所 アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53188・ワウケシャ
・ノース・グランドビュー・ブルバード・ダブリュー・71
0・3000
氏 名 ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー
・カンパニー・エルエルシー